

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-275296

(43)Date of publication of application : 30.09.1994

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21)Application number : 05-064466

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 24.03.1993

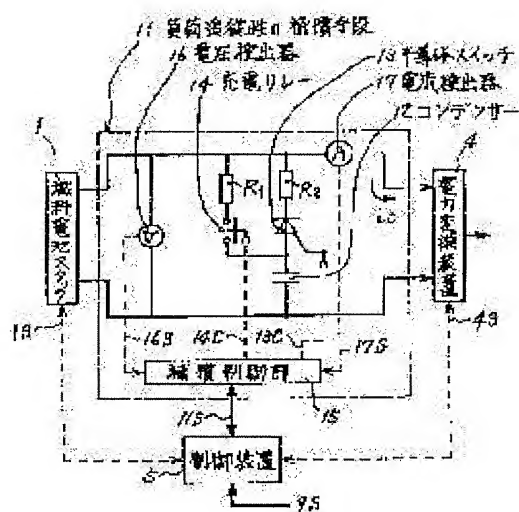
(72)Inventor : GOTO HEISHIRO

## (54) FUEL CELL POWER GENERATING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To avoid the deterioration and characteristic reduction of a fuel cell by compensating the shortage of the output current of a fuel cell stack when a load rise is commanded.

CONSTITUTION: A load follow-up compensating means 11 is provided between a fuel cell stack 1 and a power converter 4, and a capacitor 12 is charged during the light-load operation. Changes of the output voltage and output current of the fuel cell stack 1 transiently generated by a load rise command are detected by a compensation controller 15 via the collation with the planned voltage/current characteristics data, a semiconductor switch 13 is closed, and the discharge current of the capacitor 12 is fed to the power converter 4 as the compensation current. The delay of the load follow-up caused by the gas shortage of the fuel cell stack 1 is compensated.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-275296

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 M 8/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

P

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平5-64466

(22)出願日 平成5年(1993)3月24日

(71)出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72)発明者 後藤 平四郎

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

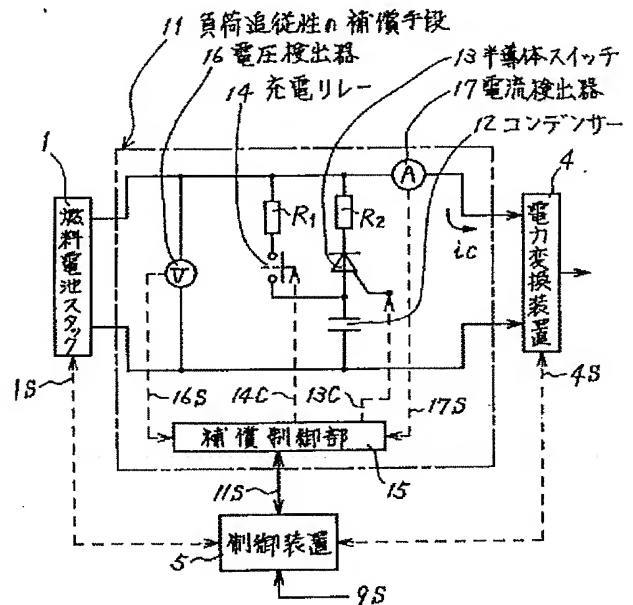
(74)代理人 弁理士 山口 巖

(54)【発明の名称】 燃料電池発電装置

(57)【要約】

【目的】 負荷上昇指令時に燃料電池スタックの出力電流の不足を補償することにより、燃料電池の劣化および特性低下を回避する。

【構成】 燃料電池スタック1と電力変換器4との間に負荷追従性の補償手段11を設け、コンデンサ12を軽負荷運転中に充電し、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を補償制御部15が計画電圧-電流特性データとの照合によって検出し、半導体スイッチ13を閉じてコンデンサの放電電流 $i_c$ を補償電流として電力変換器に向けて供給することにより、燃料電池スタックのガス不足に起因する負荷追従性の遅れを補償する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】単位セルの積層体からなる燃料電池スタックと、この燃料電池スタックに燃料ガスを供給する燃料処理装置、および空気供給装置と、前記燃料電池スタックの出力直流電力を交流電力に変換して出力する電力変換装置と、前記交流電力を負荷指令に基づく一定値に保持するよう前記各部を連系制御する制御装置とを含むものにおいて、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる前記燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧－電流特性データとの照合によって検出し、前記出力電圧の低下を補償するに必要な電流を前記電力変換器に向けて出力する負荷追従性の補償手段を、前記燃料電池スタックの出力側に並列に備えてなることを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項2】負荷追従性の補償手段が、その補償電力の蓄積源として燃料電池スタックの出力直流電力により軽負荷運転中に充電されるコンデンサーと、このコンデンサーに直列接続された半導体スイッチとを備えてなることを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電装置。

【請求項3】負荷追従性の補償手段が、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧－電流特性データとの照合によって検出して半導体スイッチにオン指令を発する補償制御部を備えてなることを特徴とする請求項1または請求項2記載の燃料電池発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、負荷追従性を改善した燃料電池発電装置の回路構成に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図3は燃料電池発電装置の一般的なシステム構成図であり、単位セルの積層体からなる燃料電池スタック1を含む燃料電池発電装置は、化石燃料、炭化水素系燃料を燃料電池用アノードガスとしての水素リッチな燃料ガスに改質する燃料処理装置2と、酸化剤としての空気を燃料電池に供給する空気供給装置3と、燃料電池の出力直流電力を交流電力に変換して外部負荷に供給する電力変換装置4と、これら各部を制御する制御装置5などで構成される。

【0003】このように構成された燃料電池発電装置の運転中における外部負荷への供給電力の上昇、降下は、制御装置5が負荷変化指令9Sを受けて燃料処理装置2および空気供給装置3に向けて発する制御信号2S、3S、電力変換装置4に向けて発する制御信号4S、および燃料電池スタック1に向けて発する制御信号1S等によって制御され、燃料ガスおよび空気の供給量および外部負荷への供給電力、燃料電池スタックにおける水素、酸素の利用率などが、負荷変化指令9Sに対応するそれぞれの目標値に一致するよう制御され、定電圧に保持された交流電力が外部負荷に供給される。

【0004】上記燃料電池発電装置の運転中に負荷変化指令9Sが出力電力を定格電力の10%程度急速上昇することを指令した場合、電力変換装置4はミリ秒以下以下の応答速度で指令値に対応した電力を出力しようとするが、燃料電池1は燃料処理装置2、空気供給装置3などからの反応ガス量を制御する調節弁の開度調整に要する時間や、配管の流体抵抗による反応ガス供給の遅れにより、上昇指令に対する反応ガスの供給増加に少なくとも2～3秒程度の遅れが発生し、これが原因で燃料電池がガス不足状態に陥るため、出力電力の立ち上がりにも遅れが発生する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】図4は従来の燃料電池発電装置の負荷上昇時における出力特性の変化を示す特性線図であり、曲線10は燃料電池スタック1が規定の水素利用率および酸素利用率を保持して発電運転している状態での計画V－I特性曲線（計画電圧－電流特性曲線）であり、曲線10上のA点（V1、I1）で運転中に10%程度の急速な負荷上昇指令があったと仮定する。このとき、電力変換装置4は直ちに燃料電池スタック1の出力電流Iを増加させて交流側の出力電圧を一定に保持した状態で出力電力を目標値に合わせようとする。ところが、燃料電池スタック1は電流の急増に反応ガスの供給が追いつかないために水素および酸素の利用率が規定値より高い高利用率運転となり、ことに高負荷領域では電極中あるいはその近傍に存在する水素および酸素が消費されてガス不足となり、濃度過電圧の増大や限界電流密度の減少に伴って燃料電池スタックの出力電圧が低下するため、燃料電池スタック1の出力特性は計画V－I曲線10を下回り、ガス不足の程度に応じて曲線10A、さらに曲線10Bへとその特性が低下する。その結果、電力変換装置4が燃料電池スタック1に対して要求する過度な電流の増加要求と、これが原因で生ずる燃料電池スタックの電圧低下との間に悪循環が生じて燃料電池スタックのガス不足が進行し、反応ガスの供給が立ち上がってガス不足状態が解消されるまでに定常電圧の10%を越える電圧低下が少なくとも数秒間続くという問題が発生する。また、この様なガス不足状態が急激な負荷上昇指令が出る度に繰り返されると、電極触媒の活性低下、電極基材の腐食等の劣化が進行し、通常運転時の発電電圧が徐々に低下し、燃料電池スタックの寿命が短くなるという事態も発生する。

【0006】この発明の目的は、負荷上昇指令時に燃料電池スタックの出力電流の不足を補償することにより、燃料電池の劣化および特性低下を回避することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明によれば、単位セルの積層体からなる燃料電池スタックと、この燃料電池スタックに燃料ガスを供給する燃料処理装置、および空気供給装置と、前記燃料

電池スタックの出力直流電力を交流電力に変換して出力する電力変換装置と、前記交流電力を負荷指令に基づく一定値に保持するよう前記各部を連系制御する制御装置とを含むものにおいて、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる前記燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧－電流特性データとの照合によって検出し、前記出力電圧の低下を補償するに必要な電流を前記電力変換装置に向けて出力する負荷追従性の補償手段を、前記燃料電池スタックの出力側に並列に備えてなるものとする。

【0008】また、負荷追従性の補償手段が、その補償電力の蓄積源として燃料電池スタックの出力直流電力により軽負荷運転中に充電されるコンデンサーと、このコンデンサーに直列接続された半導体スイッチとを備えてなるものとする。さらに、負荷追従性の補償手段が、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧－電流特性データとの照合によって検出して半導体スイッチにオン指令を発する補償制御部を備えてなるものとする。

【0009】

【作用】この発明において、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧－電流特性データとの照合によって検出し、出力電圧の低下を補償するに必要な電流を電力変換装置に向けて出力する負荷追従性の補償手段を、燃料電池スタックの出力側に並列に備えるよう構成したことにより、例えば反応ガス供給系の流量調節弁の動作遅れ、配管内の流体抵抗による反応ガスの供給遅れは、負荷上昇率が定格負荷の10%以内であれば負荷上昇指令に対して2～3秒程度の短時間であり、この間反応ガスの供給渋滞により燃料電池スタック内で不足する反応ガスを電気エネルギーとして電力変換装置に代替え供給する負荷追従性の補償手段は、極めて短時間定格のエネルギー源を備えればよく、その補償電流によって燃料電池スタックに生ずるガス不足状態を緩和し、その電圧低下および劣化を阻止する機能が得られる。

【0010】また、負荷追従性の補償手段が、その補償電力の蓄積源として燃料電池スタックの出力直流電力により軽負荷運転中に充電されるコンデンサーと、このコンデンサーに直列接続された半導体スイッチとを備えるよう構成すれば、軽負荷領域と高負荷領域との電圧差で得られるコンデンサーの放電電流と、コンデンサーおよび半導体スイッチの優れた高速応答性とを利用し、反応ガスの供給遅れによる燃料電池スタックの負荷追従性の低下をコンデンサーの放電電流により補償し、電圧の低下を抑制する機能が得られる。

【0011】さらに、負荷追従性の補償手段が、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧－電流特性データとの照合によって検出して半導体スイッチにオン指令を

発する補償制御部を備えるよう構成すれば、反応ガスの不足状態を早期に検知し、電力変換装置の応答速度に追従して補償電流を供給できるので、燃料電池スタックのガス不足による電圧低下を最小限度に抑制できるとともに、反応ガスの供給量が増したことを、出力電圧および電流が計画電圧－電流特性上に復帰することにより検知して半導体スイッチをオフさせ、負荷追従性の補償手段の動作を停止させる機能が得られる。

【0012】

10 【実施例】以下、この発明を実施例に基づいて説明する。図1はこの発明の実施例になる燃料電池発電装置の負荷追従性の補償手段を示す接続図、図2は実施例における負荷追従性の補償手段の動作を示す特性線図であり、従来技術と同じ構成部分には同一参照符号を付すことにより、重複した説明を省略する。図において、燃料電池スタック1と電力変換器4との間に設けられる負荷追従性の補償手段11は、燃料電池スタック1に対して並列に接続された補償電力源としてのコンデンサー12、半導体スイッチ13、および放電抵抗R2の直列回路と、燃料電池スタックからの充電電流を制御する充電リレー（接点）14および充電抵抗R1の直列回路と、電圧検出器16および電流検出器17と、制御装置5が負荷変化指令9Sを受けて発する制御指令11Sを受けて負荷追従性の補償手段11を駆動する補償制御部15とで構成される。

20 【0013】このように構成された負荷追従性の補償手段11を有する燃料電池発電装置において、制御装置5が発する発電開始指令により図示しない直流開閉器が閉じ、燃料電池スタック1が軽負荷状態で発電を開始すると、補償制御部15が発する駆動指令14Cにより充電リレー14が閉じ、充電抵抗R1を通してコンデンサー12が小電流でゆっくりと充電される。このとき、燃料電池スタック1は軽負荷状態でありコンデンサー12の充電電圧は図2の計画V－I曲線10における高いレベルの電圧V2に充電される。また、この電圧V2は補償制御部15に登録され、燃料電池発電装置の運転中に電圧V2を越える軽負荷状態となったとき、補償制御部が充電リレー14を自動的にオンして補充充電を行い、コンデンサー12を電圧V2なる充電状態に維持するよう構成される。

30 【0014】さらに、補償制御部15には計画V－I曲線10に相応するデータが予め登録されており、運転中燃料電池スタックの出力電圧Vおよび出力電流Iを電圧検出器16および電流検出器17で監視し、その電圧検出信号16Sを登録された計画V－I特性データと照合してこれに対応する電流値を求め、得られた計画V－I特性曲線上の電流値（計画電流値）と同時に検出される電流検出信号17Sの電流値（検出電流値）とを比較し、両者が所定の誤差範囲内で一致すれば、燃料電池スタック1が正常に動作しているものと判断し、この動作

を運転中繰り返し行うことにより、燃料電池スタックの動作状態を監視する。

【0015】次に、図2において、燃料電池スタック1が高負荷領域で電圧V1、電流I1（計画V-I曲線10上のA点）で定常運転を行っている状態で、定格出力電力の10%程度の急速な出力上昇を求める負荷上昇指令9Sが制御装置5に入力されたと仮定する。このとき、電力変換器4は直ちに目標電力を出力するために必要な電流Iを要求し、燃料電池スタック1は電極内またはその近傍に存在する反応ガス内の水素および酸素を消費し、指令寸前の電流値I1より20%程度大きい電流を瞬間的に出力するが、その直後には反応ガスの供給渋滞によるガス不足が発生し、例えばガス不足時のV-I特性曲線10A上のB点（V3）に向けて電圧の低下が発生する。

【0016】ところが、実施例になる負荷追従性の補償手段11を備えた燃料電池発電装置の場合、瞬間的な電流の増加とこれに伴う電圧の低下を補償制御部15が検出信号16S、17Sと計画V-I特性データとの照合によって遅滞なく検知し、トリガー信号13Cを半導体スイッチ13のゲートに向けて出力するので半導体スイッチ13がオン状態となり、コンデンサ12の蓄積電荷が時定数制御用の放電抵抗R2を介して放電し、その放電電流icが補償電流として燃料電池の発電電流に重畳して電力変換器4に供給されるので、例えばV3まで低下した燃料電池の出力電圧は直ちに回復基調に変わり、計画V-I曲線上のC点に回復し、その後は反応ガスの供給が開始されることにより計画V-I曲線10上を目標値D点に向けて燃料電池スタック1の出力が上昇する。

【0017】また、負荷追従性の補償手段11は、コンデンサ12の充電電圧V2と例えばB点の電圧V3との電圧の差に相当するコンデンサ12の蓄積電荷を放電した時点で半導体スイッチ13に流れる電流が零となるので、半導体スイッチ13はオフ状態となり、コンデンサ12は主回路から切り離される。なお、燃料電池発電装置の運転を停止する場合には半導体スイッチ13を強制的にオン状態とし、コンデンサ12の蓄積電荷を放電しておくことが好ましい。

【0018】上述のように構成された負荷追従性の補償手段を設けた燃料電池発電装置においては、急激な負荷上昇によって燃料電池スタックに発生した定常運転電圧の10%を越える電圧低下を、例えば定常電圧値の2~5%程度にまで低減できるとともに、電圧低下の原因となる反応ガスの不足期間を例えば従来の3秒程度から2秒以下に短縮することが可能であり、急激な負荷上昇の繰り返しによって燃料電池が被る構成材料の劣化、発電性能や寿命特性の低下を大幅に軽減できる利点が得られる。

#### 【0019】

【発明の効果】この発明は前述のように、負荷上昇指令によって過渡的に生ずる燃料電池スタックの出力電圧および出力電流の変化を計画電圧-電流特性データとの照合によって検出し、出力電圧の低下を補償するために必要な電流を電力変換装置に向けて出力する負荷追従性の補償手段を、燃料電池スタックの出力側に並列に備えるよう構成した。その結果、例えば反応ガス供給系の流量調節弁の動作遅れ、配管内の流体抵抗による反応ガスの供給遅れは、負荷上昇率が定格負荷の10%以内であれば負荷上昇指令に対して2~3秒程度の短時間であり、この間補償するエネルギー源としてコンデンサの蓄積電荷を利用することにより、反応ガスの供給渋滞により燃料電池スタック内で不足する反応ガス量を電気エネルギーとして電力変換装置に代替え補給できるので、従来技術で問題となった電力変換器が要求する過大な電流要求と、これに伴う燃料電池スタックの電圧低下との悪循環を断ち切り、電圧低下が少なく負荷追従性の高い燃料電池発電装置を提供することができる。

【0020】また、燃料電池スタックが急激な負荷上昇の度にガス不足状態となることによって従来問題となった電池構成材料の劣化、発電性能や寿命特性の低下を、負荷追従性の補償手段を設けることにより阻止し、燃料電池発電装置の信頼性を向上できる利点も得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例になる燃料電池発電装置の負荷追従性の補償手段を示す接続図

【図2】実施例における負荷追従性の補償手段の動作を示す特性線図

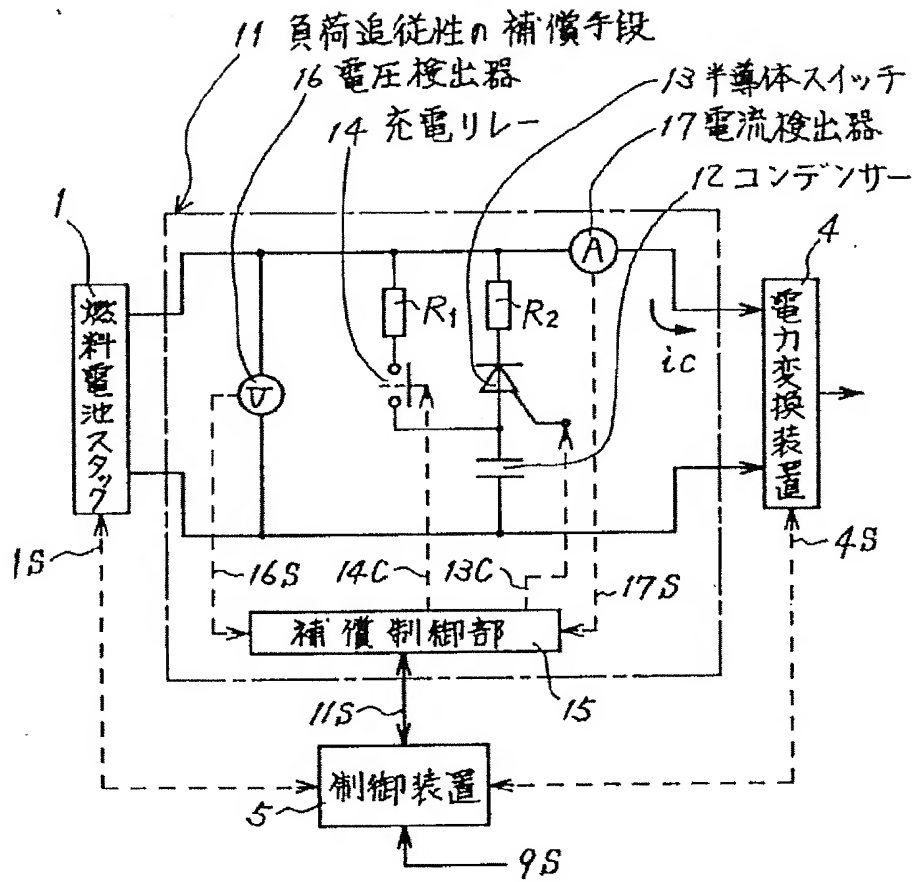
【図3】燃料電池発電装置の一般的なシステム構成図

【図4】従来の燃料電池発電装置の負荷上昇時における出力特性の変化を示す電圧-電流特性線図

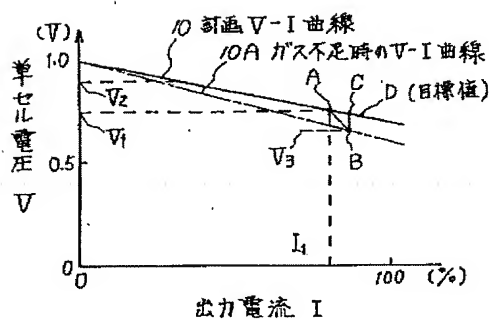
#### 【符号の説明】

- |    |            |
|----|------------|
| 1  | 燃料電池スタック   |
| 2  | 燃料処理装置     |
| 3  | 空気供給装置     |
| 4  | 電力変換装置     |
| 5  | 制御装置       |
| 9S | 負荷変化指令     |
| 11 | 負荷追従性の補償手段 |
| 12 | コンデンサ      |
| 13 | 半導体スイッチ    |
| 14 | 充電リレー      |
| 15 | 補償制御部      |
| 16 | 電圧検出器      |
| 17 | 電流検出器      |
| R1 | 充電抵抗       |
| R2 | 放電抵抗       |

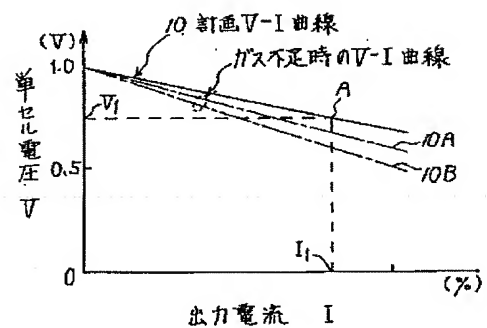
【図 1】



【図 2】



【図 4】



【図3】

